

长江经济带江苏段废弃露天矿山分布与生态修复遥感调查研究

李丽, 杨金中, 陈栋, 于航, 邢宇, 汪洁

Distribution and ecological restoration of abandoned open-pit mines in Jiangsu section of the Yangtze River Economic Belt

LI Li, YANG Jinzhong, CHEN Dong, YU Hang, XING Yu, and WANG Jie

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202101048>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202101048

李丽, 杨金中, 陈栋, 等. 长江经济带江苏段废弃露天矿山分布与生态修复遥感调查研究 [J]. 水文地质工程地质, 2022, 49(1): 183-190.

LI Li, YANG Jinzhong, CHEN Dong, *et al.* Distribution and ecological restoration of abandoned open-pit mines in Jiangsu section of the Yangtze River Economic Belt [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2022, 49(1): 183-190.

长江经济带江苏段废弃露天矿山分布与 生态修复遥感调查研究

李 丽, 杨金中, 陈 栋, 于 航, 邢 宇, 汪 洁
(中国自然资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 江苏省长江沿岸废弃矿山修复治理是长江经济带生态修复的关键节点区域, 如何快速、直观地获得区域内废弃矿山的分布和修复工程进展, 成为长江经济带废弃矿山生态修复工程的重要工作之一。以江苏长江干流两岸 10 km 范围为研究区, 以 2017—2020 年 4 期高分辨率遥感影像为数据源, 采用 ArcGIS 平台人机交互解译和野外验证的方式, 获取了研究区内露天废弃矿山分布情况、地质环境问题和生态修复情况等信息。结果表明: 镇江市和南京市需修复面积较大, 区内露天废弃矿山主要表现为矿山的采场和中转场地两类占地, 涉及矿种以建筑石料用灰岩和建筑用砂矿为主; 存在的主要矿山环境问题有地形地貌破坏、矿山地质灾害、矿区生态环境破坏和水土污染等; 2018—2020 年研究区已修复面积和正在修复面积均呈上升趋势, 截至 2020 年 10 月, 研究区废弃矿山修复效果良好, 修复面积占 67.08%; 主要生态修复措施有自然恢复、客土回填、土地平整、削坡、土地综合治理等。建议在进行修复治理工程时, 最大限度地保护矿区原有地貌, 充分利用土地资源。调查结果和建议可为同类型地区露天废弃矿山生态修复治理提供技术参考。

关键词: 长江经济带; 遥感影像; 废弃矿山; 地质环境问题; 生态修复

中图分类号: X141; X171.4

文献标志码: A

文章编号: 1000-3665(2022)01-0183-08

Distribution and ecological restoration of abandoned open-pit mines in Jiangsu section of the Yangtze River Economic Belt

LI Li, YANG Jinzhong, CHEN Dong, YU Hang, XING Yu, WANG Jie

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: The abandoned mines along the Yangtze River in Jiangsu Province is the key area along the Yangtze River Economic Belt, which need to be restored and governed. Among the ecological restoration projects, it has been one of the difficulties that how to quickly and intuitively track the progress of the distribution and restoration of a great many abandoned mines in the region. In this paper, the author takes the 10 km area on both sides of the Belt as study object. And selects high-resolution remote sensing images in each year from 2017 to 2020 as the data source. By human-computer interactive interpretation on the ArcGIS platform and field verification, the author obtains the information such as the distribution of open-pit abandoned mines, geological environment problems and ecological restoration in the study area. This paper mainly focus on the geological environment problems

收稿日期: 2021-11-17; 修订日期: 2021-12-05

投稿网址: www.swdzcgdz.com

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目(DD20190705)

第一作者: 李丽(1988-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事矿产资源开发环境遥感监测研究。E-mail: dairywoman@126.com

existing in abandoned mines and summarizes the ecological restoration measures. It is shown that it's a wide area need to be restored in Zhenjiang and Nanjing. The area of open-pit abandoned mines mainly focus on the quarries and transit sites of the mines, with construction limestone and construction sand mines as the main types of mines involved. The environmental problems mainly include topography and geomorphological destruction, geological disasters, ecological environment damage and soil and water pollution, etc. And the part rehabilitated and being rehabilitated of the study area show an increasing trend from 2018 to 2020. As of October 2020, the restoration area of abandoned mines has been effective, with 67.08% of the area restored. The main ecological restoration measures include natural restoration, soil backfilling, land leveling, slope cutting and integrated land management. It is recommended that the original landform of the mining area should be protected to the maximum extent and the land resources fully utilized when carrying out restoration and treatment. The results and suggestions provide technical reference for the ecological restoration and treatment of open-pit abandoned mines in the same type of area.

Keywords: Yangtze River Economic Belt; remote sensing image; abandoned mine; geological environment problems; ecological restoration

2016年9月印发的《长江经济带发展规划纲要》指出,中国长江经济带覆盖上海、江苏、浙江、安徽等11个省(直辖市),面积约 $205 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。长江经济带江苏段是中国长江经济带的关键节点区域,区内分布大量的建材及其他非金属矿产。矿山开发过程不可避免地会破坏当地的生态环境,矿区地质灾害风险和废水污染问题突出,遗留的露天废弃矿山不仅破坏自然景观,更造成土地资源的浪费^[1-4]。

近年来,我国废弃矿山生态环境修复工程呈现出较快的发展趋势,国内有不少学者对废弃矿山生态修复、矿山环境污染、矿山水体污染等问题进行了调查和研究。李建中等^[5]提出了全国矿山地质环境调查的思路、目标任务和部署设想;殷亚秋等^[6]运用遥感技术,调查了我国长江经济带0~50 km范围内废弃矿山存在的环境问题,并提出生态修复对策;刘向敏^[7]针对历史遗留的废弃矿山,探讨了矿山输出的生态产品内涵,总结了废弃矿山修复的主要模式;武强等^[8]探讨了矿山环境治理模式,并用实际案例讨论其适用性;陈绪钰^[9]在获得河南大峪沟煤矿区4个时期遥感数据的基础上,对研究区生态环境变化规律进行分析;贾斌等^[10]以北京房山区废弃矿山为例,探讨了废弃矿山生态修复治理技术的应用。研究人员针对废弃矿山的修复做了很多探索,然而就如何发挥当地地理人文自然环境的优势,发掘一条符合地方特色的矿山修复之路仍需“具体问题具体分析”。

目前,针对研究区废弃矿山修复治理情况进行持续多期的监测,并快速作出对策分析的研究尚不普

遍。遥感监测技术具有宏观、快速和同步观测等优点,可直观反映研究区各个时期的变化,高分辨率遥感影像也可直接观测到具体矿山的生态修复情况^[11-14]。本文获取了江苏省长江干流两岸10 km范围内露天废弃矿山土地占用损毁和4期矿山生态修复变化信息,分析废弃矿山存在的地质环境问题,总结区内生态修复措施并提出建议。

1 研究区概况

研究区为江苏长江干流两岸各10 km范围,途经南京、扬州、镇江、常州、无锡、苏州、泰州、南通等8个地市,面积约8 033.40 km²。沿长江地区地处北亚热带,四季分明,雨量充沛;研究区水系发育,分布数量众多的池塘、水库、沟渠及人工河流;主要为低山丘陵及平原地貌,西部山丘和谷地平原相间分布,东部为长江下游冲积平原区。

2 数据源

为查明研究区的生态修复情况和存在的地质环境问题,本文使用2017—2020年4期遥感数据,各期影像具体信息如表1所示。

表 1 各监测年度影像类型
Table 1 Image types of each monitoring year

监测年份	数据类型	成像时间	空间分辨率/m
2017	BJ2	9—11月	1
2018	BJ2、GJ1	9—11月	0.5~1.0
2019	BJ2、GF2	9—11月	0.8~2.0
2020	GF6、GF2	9—10月	2

上述卫星影像均为多波段图像。影像数据基本无畸变,无条带,云量较少。在对影像数据进行几何纠正、融合和镶嵌等预处理后,制作的解译用图图像清晰,色彩色调丰富,满足解译要求。

3 信息提取方法

3.1 主要技术流程

根据矿产资源开发遥感监测技术规范,结合以往工作经验,建立信息提取技术流程(图 1)。在收集区域地质矿产资源和遥感影像资料后,提取研究区内废弃露天矿山开发占地图斑等信息,包括采场、中转场地、固体废弃物、矿山建筑、矿山生态修复前土地类型、修复后土地类型等。室内信息提取完成后开展野外踏勘工作,以验证和修正室内解译成果,最后进行统计和综合分析^[14-15]。

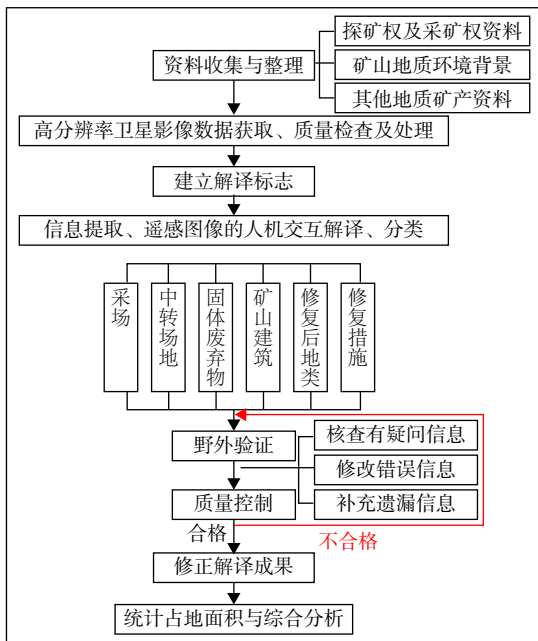


图 1 主要技术流程图

Fig. 1 Work flow of main technology

当解译图斑数量庞大时,野外实地验证工作需在安全生产的前提下,采取点、线、面相结合的方式。结合矿山开发的解译程度(遥感数据的分辨率、地形地貌和植被覆盖情况、开发矿种和方式等)和以往的工作程度等资料,野外验证的方式可分为三种:解译效果较好的区域以点验证为主,解译效果中等的区域则选择有代表性的路线进行验证,影像和解译效果均较差的区域则采取面验证的方式^[9]。

野外验证工作主要分为资料准备和实地验证两

个阶段,具体步骤为:

①进行初步解译后,提取疑问点信息;

②综合考虑点线面的野外验证方式,规划好野外路线,绘制野外路线图;

③准备好野外工作手图和统一格式的野外记录本、质量控制相关表格和野外设备;

④按规划路线开展野外验证工作并做好相关记录。

3.2 遥感影像解译标志

研究区主要解译的图斑类型为采场、中转场地、固体废弃物、矿山建筑、矿山生态修复情况等。各类型图斑影像特征如下:

采场通常连接着一条或多条道路,附近有选矿装置或车辆。研究区主要为低山丘陵及平原地貌,采场在遥感图像上多显示为不规则负地形,挖损后的土地高亮,与周围环境明显不同。

研究区中转场地包括选矿场和其他矿石堆,一般分布在附近,方便矿石筛选。在遥感图像上表现为正地形的堆积式矿堆。

固体废物包括排土场和废石堆,其图像黄白相间,大型矿山的排土场往往连片分布,图像边界清晰,纹理规则,一般出现在靠近采场的位置,位置相对固定。

矿山建筑是指用于矿山生产、生活或办公的房间,在图像上通常以蓝色或红色整齐、规则地排列。

矿山生态修复后的图斑色调多为浅绿色-深黄色,其中正在进行覆土堆填的矿山图斑由于堆满大量沙土,在影像上呈黄灰色调正地形;场地平整后的图像纹理清晰,形态规则,边界轮廓明显,人工措施明显;削坡降坡图像与修复前相比,边坡更加规则、平缓,表面光滑,或呈台阶状,如图 2 所示。



图 2 研究区遥感影像解译标志

Fig. 2 Interpretation marks of remote sensing images in the study area

4 研究区 2017 年废弃露天矿山分布情况及环境影响

4.1 废弃露天矿山总体分布

本文对研究区 2017 年高分遥感影像数据(图 3)进行解译后,对解译信息采取室内检查和野外检查的方式进行精度评价。质量自检、互检率为 100%,自检、互检中发现的错判/漏判图斑均已修改;野外调查率为 100%,并根据野外验证结果修改完善图斑内容。图斑具体信息经过当地相关部门详细调查后予以认可,最终确定 2017 年研究区范围内需进行生态修复的废弃露天矿山占地图斑有 225 个。矿山分布在江苏省 7 个市,其中南京市 73 个、镇江市 110 个、常州市 3 个、无锡市 21 个、扬州市 4 个、泰州市 4 个、南通市 10 个。研究区废弃露天矿山图斑面积共计 981.32 hm²,占全长江干流两岸 10 km 范围内废弃露天矿山面积的 11.17%^[6](图 4)。



图 3 研究区遥感影像图(2017 年)

Fig. 3 Remote sensing images of the study area(2017)



图 4 研究区废弃矿山分布图(2017 年)

Fig. 4 Distribution of abandoned mines in the study area(2017)

各地市废弃矿山占地面积如图 5 所示,其中镇江市面积最大,为 443.03 hm²;其次是南京市,面积为 292.46 hm²。

4.2 矿山占地类型及环境影响

研究区露天废弃矿山面积主要表现为矿山的采场和中转场地,分别占研究区废弃矿山面积的 73.45% 和 25.57%。废弃矿山采场主要存在的问题是挖损土地导致地形地貌景观破坏、植被破坏、发生崩塌或滑坡等地质灾害、废土废渣堆积等。原露天开采形成大量采场,严重破坏了矿区原有地貌,导致自然

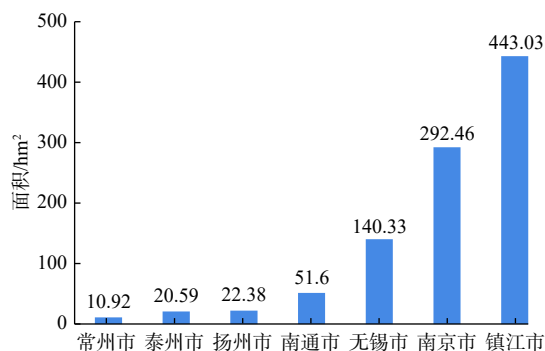


图 5 研究区各地市废弃矿山面积

Fig. 5 Areas of the abandoned mines in various cities in the study area

山体残缺不全,裸露的地表与周边自然环境极不协调,严重影响长江经济带生态景观。

矿山原生产活动占用大片场地(中转场地),场地上的废土石堆、废土渣和加工、运输场等压占土地,使得植被难以恢复生长。部分矿山采矿产生的固体废弃物,经雨水冲刷、浸润,其有害成分极易渗入水和土壤中,对矿区及其下游的地表水、地下水和土壤造成污染^[16-18]。

4.3 矿种分布及环境影响

废弃矿山涉及矿种有白云岩、建筑石料用灰岩、建筑用白云岩、建筑用砂、膨润土、水泥用灰岩、砖瓦用黏土等。其中,建筑石料用灰岩和建筑用砂矿山占地面积较大,分别为 461.67, 343.36 hm²。

该类矿种集中在低山丘陵地区,其采矿活动易引发地形地貌景观破坏、矿山地质灾害和土地植被资源损毁。研究区的建筑石料用灰岩矿大多采用斜坡式开采方式,已经形成比较陡峭的边坡,废弃后的坡面岩石受原先开采震动影响和节理裂隙切割及长期风化等作用,岩体较为破碎,在遇到频繁降雨天气时易发生堆土体边坡失稳,岩石坍塌滚落,造成崩塌、滑坡等地质灾害。废弃的建筑用砂矿也由于局部边坡陡立、结构松散,受雨水冲刷后易形成小型滑坡或造成水土流失。部分废弃露天矿山离周边居民集中区较近,地质灾害隐患将威胁群众的生命财产安全^[18-19]。

5 废弃露天矿山生态修复及变化情况

5.1 生态修复监测结果

经监测发现,截至 2020 年 10 月,江苏省长江经济带露天废弃矿山正在修复矿山图斑 45 个,面积约 287.61 hm²;已完成修复图斑 57 个,面积 385.59 hm²。其中,2018 年已修复面积 126.32 hm²;2019 年已修复面

积为 265.46 hm²,正在修复面积 137.09 hm²;2020年10月已修复面积上升到 385.59 hm²,正在修复面积 287.61 hm²。2018—2020年已修复面积和正在修复面积均呈上升趋势。

5.2 修复措施及效果

截至 2020年10月,研究区正在修复图斑的修复措施主要有场地平整、覆土堆填、削坡降坡等。其中,正在进行覆土堆填的工程主要措施是对矿山的废石、废土进行清运后,对废弃采坑或中转场地进行覆土堆填,具体见表 2。

表 2 正在修复图斑统计表(2020年10月)

Table 2 Statistics of under restoration spot (Oct. 2020)

主要修复措施	工程数量	面积/hm ²
场地平整	23	100.22
覆土堆填	14	135.85
削坡降坡	8	51.54

完成修复的图斑主要恢复为耕地、林地、草地、建设用地、坑塘水面等,具体见表 3。

表 3 完成修复图斑统计表(2020年10月)

Table 3 Statistics of complete restoration spot (Oct. 2020)

修复前地类	修复后地类	修复措施	图斑数量	面积/hm ²
采场	林地	覆土/废渣清运/	3	6.64
	草地	场地平整/种植/	1	1.02
	坑塘水面	自然复绿/	2	8.21
	空闲地	设置隔离栏	25	243.89
中转场地	耕地		1	7.92
	草地	废渣清运/覆土/	1	3.82
	工矿仓储用地	场地平整/种植/	2	11.68
	空闲地	复垦/建设房屋	19	82.74
固体废弃物	林地	废渣清运/覆土/	1	0.56
	空闲地	场地平整/种植	1	9.67
矿山建筑	空闲地	覆土/场地平整	2	9.44

研究区矿山修复工程修复效果良好,从修复面积来说,整体修复率约为 67.08%(含正在修复矿山)。在已完成或正在进行的矿山修复工程中,针对生态环境破坏程度较小的矿山,采取简单的封闭、围挡、设置警示牌等措施,让群众有效避让地质灾害隐患;对景观生态和地质环境破坏严重的矿山,进行降坡削坡,人工修整,清除边坡表面危岩体,加固稳定,防止水土流失等措施,在形成的台阶上进行土地整治^[20-21]。

对采场或中转场地进行客土回覆,采用有机肥对土壤进行培育,进行种植复绿(图 6);清理松散岩石、重建植被、建截排水沟和清运废渣,治理后的土地与耕地建设用地增减挂钩,或与市场运作等相结合,纳



图 6 某建筑石料用灰岩矿生态修复影像及野外照

Fig. 6 Image and field photo of ecological restoration of one limestone mine

入城市建设的总体规划中,既能恢复生态环境,又能充分利用土地,创造经济效益^[22-24]。

5.3 矿山生态修复典型案例

(1) 典型生态修复案例 1

图 7 为已完成治理的图斑 4 期影像变化图,该矿山位于江苏省南京市栖霞区西岗街道桦墅村,为废弃砖瓦用黏土矿。可以看出 2017—2018 年该矿山均处于待治理状态,2019 年矿山正在进行修复工作,主要措施是进行削坡、废渣清运和覆土平整,2020 年完成土地平整,平整面积分别为 3.07 hm² 和 5.84 hm²。修复后土地纳入城市建设规划,修复效果良好。

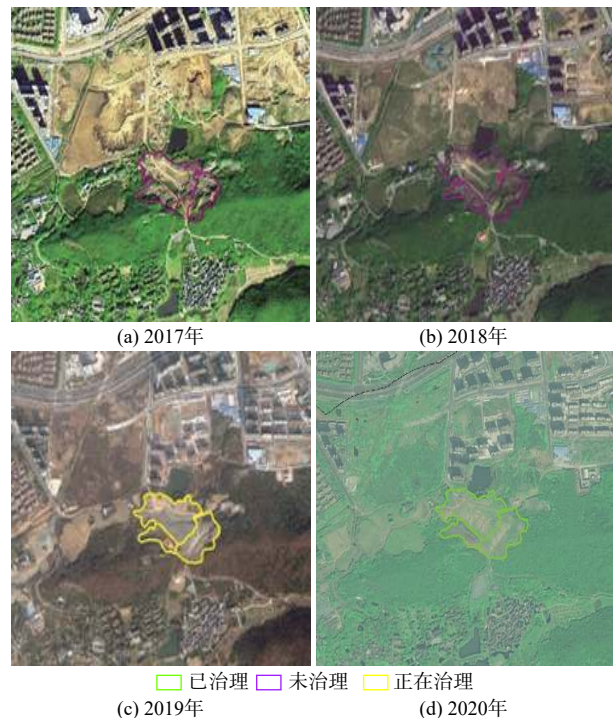


图 7 研究区某露天废弃矿山 4 期影像变化

Fig. 7 Image changes of the 4 phases of an open-pit abandoned mine in the study area

(2)典型生态修复案例 2

位于南京市江宁区江宁街道的露天废弃矿山,开采矿种为建筑石料用灰岩矿,修复前占地类型为采

场,存在的主要问题是压占土地和景观破坏。该处废弃矿山由江宁区江宁街道负责修复,主要修复措施为边坡整治、场地平整、植被重建,修复效果良好(图 8)。

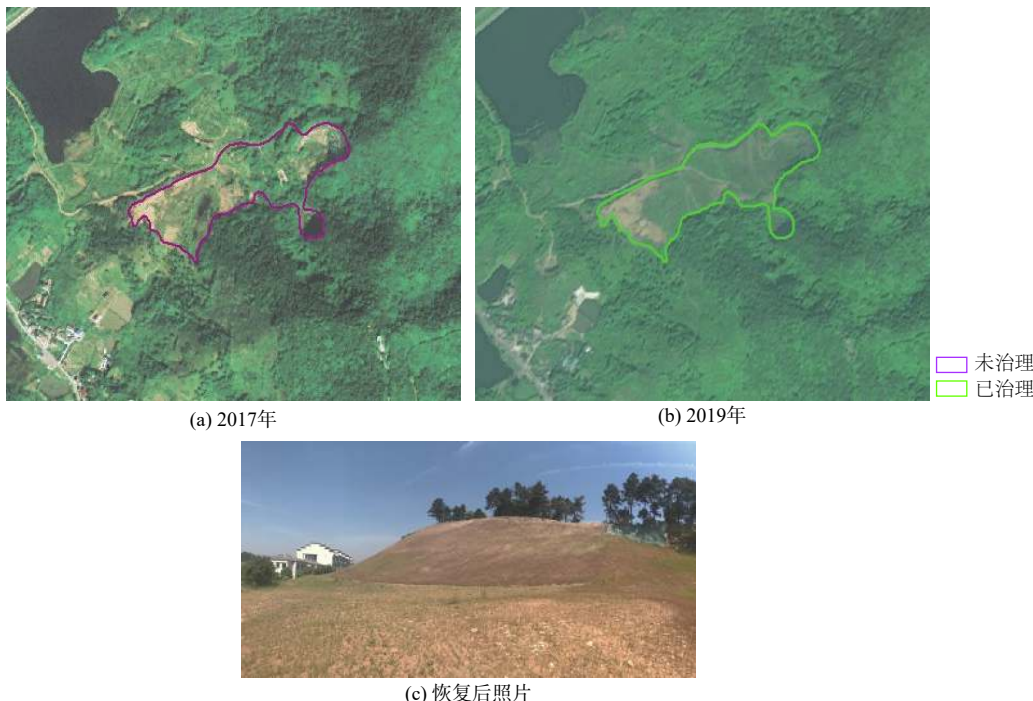


图 8 江宁区建筑石料用灰岩矿采场修复
Fig. 8 Restoration of slope of Sandstone Mine in Jiangning District

6 结论与建议

(1)2017 年调查数据显示,长江经济带江苏段废弃矿山主要集中在 7 个地市,其中镇江市和南京市需修复面积较大,分别为 443.03 hm²和 292.46 hm²。区内露天废弃矿山面积主要表现矿山采场和中转场地这两类占地,面积分别为 720.83 hm²和 250.88 hm²,占研究区废弃矿山面积的 73.45% 和 25.57%。涉及矿种以建筑石料用灰岩和建筑用砂矿为主,分别为 461.67 hm²和 343.36 hm²。研究区存在的主要矿山环境问题有地形地貌破坏、矿山地质灾害、矿区生态环境破坏和水土污染等。

(2)截至 2020 年 10 月,研究区露天废弃矿山正在修复图斑的面积约 287.61 hm²,已完成修复图斑的面积为 385.59 hm²。2018—2020 年已修复面积和正在修复面积均呈上升趋势。研究区矿山修复工程修复效果良好,修复面积占比 67.08%(含正在修复矿山)。主要生态修复措施有自然恢复、客土回填、土地平整、削坡、土地综合治理等。

(3)部分矿山生态修复工程会在一定程度上破坏矿山周边的林地或其他类型土地,完工后虽有场地平整等措施,但很难将破坏的自然环境恢复原貌。建议在进行修复治理工程时,最大限度地保护矿区原有地貌,减少裸露地面,增加绿化面积,使占地修复治理和治理后的区域与周边地形地貌景观相协调,以充分利用土地资源。

参考文献 (References) :

[1] 吴传清,黄磊.长江经济带绿色发展的难点与推进路径研究[J].南开学报(哲学社会科学版),2017(3):50-61. [WU Chuanqing, HUANG Lei. The difficulties and approaches of green development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Nankai Journal (Philosophy Literature and Social Science Edition), 2017(3): 50 - 61. (in Chinese with English abstract)]

[2] 张玉韩,王步清,侯华丽.长江经济带矿业产业协调发展研究[J].中国矿业,2018,25(8):58-63. [ZHANG Yuhuan, WANG Buqing, HOU Huali. Research into the

- mining industry coordinated development of the Yangtze River Economic Belt[J]. *China Mining Magazine*, 2018, 25(8): 58 – 63. (in Chinese with English abstract)]
- [3] 段学军,虞孝感,邹辉. 长江经济带开发构想与发展态势[J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(10): 1621 – 1629. [DUAN Xuejun, YU Xiaogan, ZOU Hui. Analysis on the development strategy and trend of Yangtze River Economic Belt[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2015, 24(10): 1621 – 1629. (in Chinese with English abstract)]
- [4] 武强,陈奇. 矿山环境问题诱发的环境效应研究[J]. *水文地质工程地质*, 2008, 35(5): 81 – 85. [WU Qiang, CHEN Qi. An analysis of environmental effects induced by environmental problems in mines[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2008, 35(5): 81 – 85. (in Chinese with English abstract)]
- [5] 李建中,张进德. 我国矿山地质环境调查工作探讨[J]. *水文地质工程地质*, 2018, 45(4): 169 – 172. [LI Jianzhong, ZHANG Jinde. Discussion on the work of mine geo-environmental investigation of China[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2018, 45(4): 169 – 172. (in Chinese with English abstract)]
- [6] 殷亚秋,杨金中,汪洁,等. 长江经济带废弃矿山占损土地遥感调查与生态修复对策[J]. *国土资源遥感*, 2020, 32(2): 170 – 176. [YIN Yaqiu, YANG Jinzhong, WANG Jie, et al. Remote sensing survey of land occupied and damaged by abandoned mines along the Yangtze River Economic Belt and research on ecological remediation countermeasures[J]. *Remote Sensing For Land & Resources*, 2020, 32(2): 170 – 176. (in Chinese with English abstract)]
- [7] 刘向敏. 生态产品价值实现视域下矿山废弃地生态修复与重建[J]. *中国矿业*, 2020, 29(11): 72 – 75. [LIU Xiangmin. Ecological restoration and reconstruction of mining wasteland from the perspective of value realization of ecological products[J]. *China Mining Magazine*, 2020, 29(11): 72 – 75. (in Chinese with English abstract)]
- [8] 武强,陈奇. 矿山环境治理模式及其适用性分析[J]. *水文地质工程地质*, 2010, 37(6): 91 – 96. [WU Qiang, CHEN Qi. An analysis of the mine environmental treatment model and its applicability[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2010, 37(6): 91 – 96. (in Chinese with English abstract)]
- [9] 陈绪钰. 基于多时相遥感数据的矿山生态环境动态变化研究[J]. *金属矿山*, 2011(10): 127 – 130. [CHEN Xuyu. Study on dynamic variation of environment in the mine based on multi-temporal remote sensing data[J]. *Metal Mine*, 2011(10): 127 – 130. (in Chinese with English abstract)]
- [10] 贾斌,宋少秋. 废弃矿山生态修复治理技术应用——以北京房山区废弃矿山为例[J]. *矿产勘查*, 2019, 10(11): 2831 – 2834. [JIA Bin, SONG Shaoqiu. Application of ecological restoration and treatment technology in abandoned mines: A case study on abandoned mines in Fangshan district, Beijing[J]. *Mineral Exploration*, 2019, 10(11): 2831 – 2834. (in Chinese with English abstract)]
- [11] 常青,杨希,从常奎,等. ArcGIS在矿山地质环境保护与治理恢复中的应用[J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2014, 25(1): 131 – 134. [CHANG Qing, YANG Xi, CONG Changkui, et al. Application of ArcGIS in mining geological environment protection and recovery[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2014, 25(1): 131 – 134. (in Chinese with English abstract)]
- [12] 姜月华,林良俊,陈立德,等. 长江经济带资源环境条件与重大地质问题[J]. *中国地质*, 2017, 44(6): 1045 – 1061. [JIANG Yuehua, LIN Liangjun, CHEN Lide, et al. Research on conditions of resources and environment and major geological problems in the Yangtze River Economic Zone[J]. *Geology in China*, 2017, 44(6): 1045 – 1061. (in Chinese with English abstract)]
- [13] 成金华,彭昕杰. 长江经济带矿产资源开发对生态环境的影响及对策[J]. *环境经济研究*, 2019, 4(2): 125 – 134. [CHENG Jinhua, PENG Xinjie. Influence of mineral resources development on ecological environment in Yangtze River Economic Belt and its countermeasures[J]. *Journal of Environmental Economics*, 2019, 4(2): 125 – 134. (in Chinese with English abstract)]
- [14] 杨金中,秦绪文,聂洪峰,等. 中国矿山遥感监测[M]. 北京:测绘出版社,2014. [YANG Jinzhong, QIN Xuwen, NIE Hongfeng, et al. Remote sensing monitoring of mine in China[M]. Beijing: Sino Maps Press, 2014. (in Chinese)]
- [15] 矿产资源开发遥感监测技术规范: DZ/T 0266—2014[S]. 北京:中国标准出版,2014: 2 – 8. [Ministry of Land and Resources of the People's

- Republic of China. Regulation on remote sensing monitoring of mining exploration: DZ/T 0266—2014[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014: 2 – 8. (in Chinese)]
- [16] 张进德, 郝富瑞. 我国废弃矿山生态修复研究[J]. 生态学报, 2020, 40(21): 7921 – 7930. [ZHANG Jinde, XI Furui. Study on ecological restoration of abandoned mines in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(21): 7921 – 7930. (in Chinese with English abstract)]
- [17] 王成. 历史遗留工矿废弃地复垦潜力及对策分析: 以重庆市永川区为例[J]. 农业与技术, 2019, 39(22): 179 – 180. [WANG Cheng. An analysis on the reclamation potential and countermeasures of industrial and mining wasteland left over from history: A case study of Yongchuan District of Chongqing City[J]. *Agriculture & Technology*, 2019, 39(22): 179 – 180. (in Chinese)]
- [18] 崔文静, 黄敬军, 韩涛, 等. 徐州市矿山环境地质问题及防治对策[J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2007, 18(4): 93 – 97. [CUI Wenjing, HUANG Jingjun, HAN Tao, et al. The mine environmental geological problems and countermeasures of prevention and control in Xuzhou City[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2007, 18(4): 93 – 97. (in Chinese with English abstract)]
- [19] 李强. 黑龙江省矿山主要环境地质问题及防治对策[J]. *中国地质灾害与防治学报*, 2008, 19(3): 120 – 123. [LI Qiang. Environmental geological problems caused by mining in Heilongjiang Province[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2008, 19(3): 120 – 123. (in Chinese with English abstract)]
- [20] 周建海, 张林泽. 浙江余姚废弃露采普通建筑石料矿综合整治实践[J]. *科技创新导报*, 2016, 13(2): 8 – 9. [ZHOU Jianhai, ZHANG Linze. Comprehensive treatment practice of abandoned open-pit ordinary building stone mine in Yuyao, Zhejiang Province[J]. *Science and Technology Innovation Herald*, 2016, 13(2): 8 – 9. (in Chinese)]
- [21] 欧哲, 王铁, 杨家富, 等. 废弃矿山破碎岩质边坡地质环境治理[J]. *金属矿山*, 2017(7): 178 – 185. [OU Zhe, WANG Tie, YANG Jiafu, et al. Geological environment treatment of broken rock slope in abandoned mines[J]. *Metal Mine*, 2017(7): 178 – 185. (in Chinese with English abstract)]
- [22] 邓小芳. 中国典型矿区生态修复研究综述[J]. *林业经济*, 2015, 37(7): 14 – 19. [DENG Xiaofang. China's typical mining area ecological restoration research review[J]. *Forestry Economics*, 2015, 37(7): 14 – 19. (in Chinese with English abstract)]
- [23] 刘洋. 无主砂石矿山生态恢复综合规划治理模式探讨[J]. *中国国土资源经济*, 2019, 32(1): 67 – 70. [LIU Yang. Discussion on the model of comprehensive planning and management of ecological restoration about unowned sand mine[J]. *Natural Resource Economics of China*, 2019, 32(1): 67 – 70. (in Chinese with English abstract)]
- [24] 刘育平, 关凤峻. 论矿山生态修复的投融资模式[J]. *水文地质工程地质*, 2020, 47(3): 194 – 197. [LIU Yuping, GUAN Fengjun. Discussion on the investment and financing mode of mine ecological restoration[J]. *Hydrogeology & Engineering Geology*, 2020, 47(3): 194 – 197. (in Chinese with English abstract)]

编辑: 汪美华